

МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

Ступак В. І., магістрант; Зінченко М. В., к.т.н.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна*

Нинішні електромережі України морально застаріли порівняно з використанням у розвинених країнах обладнанням. На сьогодні показники якості електричної енергії за ступенем відповідності фактичних значень параметрів регламентуються міжнародним стандартом ГОСТ 13109-97 і термінологічними стандартами ГОСТ 30372-95 та ДСТУ 3466-96.

В діючих електромережах занадто багато електроенергії може бути втрачено на шляху до споживача (до 10% електроенергії втрачається при транспортуванні в лініях електропередач). Причому цим часто прикривають крадіжки електроенергії.

Таким чином, виробництво енергії через дефіцит вуглеводневих ресурсів, екологічні обмеження, небезпеку ядерних катастроф і т.д. вимагає впровадження все більш інноваційних інтелектуальних технологій. Наприклад, затребуваним може стати застосування розумних мереж для моніторингу розподілу електроенергії.

Найбільші втрати електроенергії в міських умовах виникають у системах розподілу, які працюють на максимальній потужності (під час проектування старих будинків не врахували сучасне різноманіття побутової техніки) і часто сильно зношені. Тут постає питання про вибір критеріїв, згідно яких можна оцінити економічний вигаш при заміні електромережевого устаткування. Це дозволить ранжувати в порядку черги господарства, які найбільш потребують модернізації електромережі.

Застосування моніторингу розподілу електроенергії в конкретних господарствах передбачає вимірювання параметрів електромережі, наприклад, напруги, за тривалий період часу на ділянках до системи розподілу і після. Зіставлення цих вимірів без особливої статистичної обробки не має сенсу, оскільки вимірювані параметри статистично нестійкі. Це пов'язано з тим, що коливання напруги в цілому носять статистично нестійкий характер на тривалих періодах вимірювань, хоча на інтервалах часу, менших години, вони зберігають статистичну стійкість.

Використання стохастичних моделей базується на фізичній гіпотезі ідеальної статистичної стійкості частоти подій. Зростання обсягу статистичної вибірки даних з якимось рівнем флуктуацій виявляє тенденцію до стабілізації значень, що відповідає статистичній стійкості. Існує критичний обсяг даних, після якого з ростом кількості даних збільшується рівень флуктуацій, що приводить до порушення статистичної стійкості.

Математично поняття статистичної стійкості вимагає збіжності вибіркової дисперсії вибіркового середнього $Y_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ ($n = \overline{1, N}$) досліджуваного процесу $X(t)$ ($t \in [0, T)$) при збіганні інтервалу спостереження $T = \Delta t \cdot N$ (об'єму вибірки N) до нескінченності, де X_i — відліки процесу $X(t)$, Δt — період дискретизації [1]. Якщо ця дисперсія не наближається до нуля, то вибіркоче середнє і відповідний процес можна вважати статистично нестійкими.

Для оцінки статистичної стійкості випадкового процесу $X(t)$ раціонально використовувати параметри статистичної нестійкості [2]:

$$\gamma_n = \frac{M[\overline{D_{Y_N}}]}{ND_{Y_N}}, \quad \mu_N = \sqrt{\gamma_N / (1 + \gamma_N)}, \quad h_N = \gamma_N / \gamma_{0N}, \quad (1)$$

де $M[\cdot]$ — оператор математичного очікування, $D_{Y_N} = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (Y_n - \overline{m_{Y_N}})^2$ — вибіркова дисперсія вибіркового середнього $X(t)$, $\overline{m_{Y_N}} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Y_n$ — вибіркоче середнє флуктуації середнього Y_n , D_{Y_N} — дисперсія вибіркового середнього $D_{Y_N} = \frac{1}{N^2} \sum_{n=1}^N D_{x_n}$, $D_{x_n} = M[(X_n - m_{x_n})^2]$ — дисперсія відліків X_n процесу $X(t)$, а $m_{x_n} = M[X_n]$ — їх математичне очікування, γ_{0N} — параметр γ_N , розрахований для ідеальної статистично стійкої послідовності N некорельованих відліків з постійною дисперсією і нульовим математичним очікуванням.

Для статистично нестійких процесів ці параметри не сходяться до нуля при певних кількостях відліків.

За допомогою параметрів статистичної нестійкості (1) можна відстежити динаміку зміни статистики вибіркового середнього [3].

Також випадковий процес $X(t)$ вважається статистично нестійким, якщо при збільшенні обсягу N вибірки X_n , $n = \overline{1, N}$ параметр статистичної нестійкості по відношенню до вибіркового середньоквадратичного відхилення (СКВ) не прагне до нуля:

$$\Gamma_N = \frac{M[\overline{D_{Z_N}}]}{ND_{Z_N}},$$

де $\overline{D_{Z_N}} = \frac{1}{N-2} \sum_{n=2}^N (Z_n - \overline{m_{Z_N}})^2$ — вибіркова дисперсія вибіркового СКВ;

$\overline{m_{Z_N}} = \frac{1}{N-1} \sum_{n=2}^N Z_n$ — середнє значення флуктуації вибіркового СКВ,

$$Z_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - Y)^2}, \quad (n = \overline{2, N}).$$

Таким чином, моніторинг параметрів електромережі необхідно реалізувати на базі систем збору і обробки даних реального часу (PXI компанії National Instruments [4]). За вибірками даних, отриманих з різних ділянок всередині та за межами розподільної мережі, необхідно отримати значення параметрів статистичної нестійкості та розподіл вибіркового середнього значення. Після чого порівняти результати для внутрішньої і зовнішньої електромережі. Якщо аналіз статистичних закономірностей виявить відмінності, то необхідно дати оцінку ступеня відмінності, скориставшись відповідними математичними методами [2, 3]. За комплексним показником ступеня відмінності статистик підведеної і внутрішньої напруги мережі можна провести ранжування господарств на предмет зношеності розподільчої електромережі.

Перелік посилань

1. Горбань И. И. Критерии и параметры статистической неустойчивости / И. И. Горбань // Математические машины и системы. – 2012. – №4. – С. 106 – 114.
2. Горбань И. И. Теория гиперслучайных явлений: физические и математические основы / И. И. Горбань . – Монография. – К. : Наукова думка, 2011. – 317 с.
3. Горбань И.И. Статистически неустойчивые процессы: связь с фликкер, неравновесными, фрактальными и цветными шумами / И. И. Горбань // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2012. – Т. 55, №3. – С. 3 – 18.
4. Поздняков А. Д. Крейтовые системы PXI для контроля, испытаний и мониторинга радиоаппаратуры : учеб. пособие / А. Д. Поздняков. – Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 118 с.

Анотація

Порушено проблему заощадження електроенергії домогосподарствами. Показано, що впорядкування домогосподарств за рівнем зношеності розподільних мереж вимагає застосування теорії гіпервипадкових явищ для аналізу вимірів параметрів електромережі. Впорядкування здійснюється за комплексним показником ступеня розбіжності статистик підведеної та внутрішньої напруги розподільної системи.

Ключові слова: електромережа, гіпервипадкові явища, системи збору даних.

Аннотация

Поднята проблема энергосбережения домохозяйствами. Показано, что упорядочение домохозяйств по уровню изношенности распределительных сетей требует применения теории гиперслучайных явлений для анализа измерений параметров электросети. Упорядочение осуществляется по комплексному показателю степени расхождения статистик подведенного и внутреннего напряжения распределительной системы.

Ключевые слова: электросеть, гиперслучайные явления, системы сбора данных.

Abstract

Violated the problem of electricity savings by households. It is shown that the ordering of households in terms of wear distribution networks requires the application of theory to analyze the phenomena of hyper measuring the mains voltage. Streamlining carried out a comprehensive indicator of the degree of divergence statistics external and internal voltage distribution system.

Keywords: electricity grid, hyper-random phenomena, data collection system.